

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
4 juillet 2002 (04.07.2002)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
WO 02/052521 A2

(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> :

G08C 17/02

ORANGIS (FR). BOUTILLON, Emmanuel [FR/FR]; 2  
rue de Prague, F-56100 LORIENT (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR01/04146

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : FONSECA,  
Lucie [FR/FR]; 27 Rue Alphand, F-75013 Paris (FR).

(22) Date de dépôt international :

21 décembre 2001 (21.12.2001)

(74) Mandataire : FERAY-LENNE; 44/52 rue de la Justice,  
F-75020 Paris (FR).

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

00/17075 22 décembre 2000 (22.12.2000) FR

(71) Déposants (pour tous les États désignés sauf US) :  
SCHLUMBERGER INDUSTRIES S.A. [FR/FR];  
50 Avenue Jean Jaurès, F-92120 MONTROUGE (FR).  
MOREAU, Patrick [FR/FR]; 3 Avenue de Villars,  
F-78150 Le Chesnay (FR). MULLER, Marc [FR/FR]; 28  
rue Louis Grespin, F-92140 CLAMART (FR). VALLET,  
Robert [FR/FR]; Hameau de la Roche, F-91130 RIS

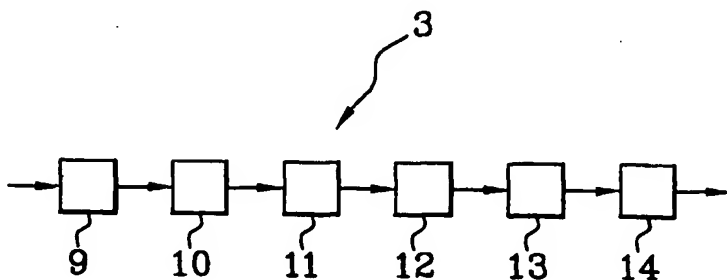
(81) États désignés (national) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ,  
BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ,  
DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,  
HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK,  
LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX,  
MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI,  
SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN,  
YU, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (régional) : brevet ARIPO (GH, GM, KE,  
LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet  
eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet  
européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: RADIOFREQUENCY RECEIVER FOR REMOTE METER READING AND REMOTE METER READING  
METHOD COMPRISING SAME

(54) Titre : RECEPTEUR RADIOFREQUENCE POUR LA TELERELEVE DE COMPTEURS ET METHODE DE TELERE-  
LEVE DE COMPTEURS COMPRENANT UN TEL RECEPTEUR



(57) Abstract: The invention concerns a  
radiofrequency receiver for remote reading  
of a set of meters capable of receiving a  
radiofrequency signal RF consisting of at least  
messages transmitted by the meters with a  
random period based on at least a specific  
communication protocol, in at least one  
channel with specific bandwidth L, in a specific  
frequency band BW comprising a specific  
number of N channels. The receiver comprises  
a reception module (2) capable of receiving the

radiofrequency signal RF, and of transforming it into a digital signal. The digital signal comprises at least the received messages  
contained in the radiofrequency signal on the frequency band BW and for all the N channels. The receiver further comprises  
retrieval means (3) connected to the reception module output, the retrieval means being adapted to retrieve from the digital each  
of the messages transmitted by each of said meters.

(57) Abrégé : Un récepteur radiofréquence pour la télérelève d'un ensemble de compteurs est apte à recevoir un signal radiofré-  
quence RF formé par au moins des messages émis par les compteurs avec une période aléatoire selon au moins un protocole de  
communication spécifique, dans au moins un canal de largeur en fréquence déterminé L, dans une bande de fréquence déterminée  
BW comportant un nombre de canaux déterminé N. Le récepteur comprend un module de réception 2 apte à recevoir le signal ra-  
diofréquence RF, et à le transformer en un signal numérique. Le signal numérique comprend au moins les messages reçus contenus  
dans le signal radiofréquence sur la bande de fréquence BW et pour tous les canaux N. Le récepteur comprend également des moyens  
d'extraction 3 reliés à la sortie du module de réception, les moyens d'extraction étant aptes à extraire du signal numérique chacun  
des messages émis par chacun desdits compteurs.



WO 02/052521 A2



IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

**Publiée :**

- *sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport*

## RECEPTEUR RADIOFREQUENCE POUR LA TELERELEVE DE COMPTEURS ET METHODE DE TELERELEVE DE COMPTEURS COMPRENANT UN TEL RECEPTEUR

La présente invention se rapporte à un récepteur radiofréquence pour la télérelève d'un ensemble de compteurs et à une méthode de réception d'un signal de télérelève d'un ensemble de compteurs utilisant un tel récepteur. Un tel récepteur est apte à recevoir un signal radiofréquence formé par la superposition de signaux parasites et de messages émis  
5 par les compteurs avec une période aléatoire, lesdits messages comportant des données émises selon au moins un protocole de communication spécifique, dans au moins un canal de largeur en fréquence déterminé, dans une bande de fréquence déterminée comportant un nombre de canaux déterminé. Il s'applique notamment dans le domaine des liaisons de communication du type "à saut de fréquence" ("frequency hopping" en terminologie anglo-  
10 saxonne).

Les compteurs d'eau, de gaz, d'électricité ou de chaleur doivent être lus périodiquement principalement à des fins de facturation. Pour éviter qu'un opérateur se rende sur le lieu même d'installation des compteurs pour effectuer cette lecture, différents systèmes de  
15 télérelève ont été mis au point. Dans de tels systèmes, les compteurs sont munis d'émetteurs pour émettre des messages contenant bien entendu des données relatives au comptage mais aussi d'autres données telles que numéro d'identification, indicateur de tentative de fraude ou autre.

Les émetteurs reliés aux compteurs émettent des messages modulés en amplitude dans une  
20 bande de fréquence notée BW qui est elle-même divisée en N canaux de largeur spectrale  $L = BW/N$ . Un émetteur donné émet avec une période d'émission aléatoire, successivement sur des canaux différents choisis aléatoirement selon le procédé dit du "saut de fréquence". Les messages transmis sont perturbés par les signaux parasites engendrés par d'autres applications fonctionnant dans la même gamme de fréquence (perturbations, brouilleurs),  
25 du bruit blanc et/ou l'émission d'autres compteurs.

Les récepteurs peuvent être fixes ou mobiles et ont pour rôle de collecter les messages envoyés par ces émetteurs. Lorsqu'ils sont mobiles, un opérateur se déplace dans une zone géographique donnée et collecte les messages émis par les compteurs installés dans cette  
30 zone à des fins de traitement tels qu'émission de facture ou calcul statistique.

Dans le cas d'une liaison de communication radiofréquence, on connaît un récepteur radiofréquence, encore appelé terminal de télérelève ou concentrateur, qui est installé dans un véhicule avec lequel l'opérateur de télérelève fait sa tournée.

Un premier type de récepteur de télérelève connu est constitué d'une pluralité de récepteurs, en fait un récepteur distinct par canal, soit N récepteurs indépendants fonctionnant en batterie reliés à une antenne. Ces récepteurs sont essentiellement analogiques.

- 5 Chacun d'entre eux comprend un convertisseur de fréquence ("down converter" en terminologie anglo-saxonne) apte à délivrer la réplique du signal capté par l'antenne mais abaissé en fréquence sur l'entrée d'un filtre analogique centré sur la fréquence d'un canal et délivrant un signal analogique à l'entrée d'une chaîne de traitement numérique. Cette chaîne de traitement numérique est prévue pour reconnaître les messages émis par les
- 10 compteurs par détection d'une séquence de bits particulière contenue en tête de chaque émission.

Puisqu'il comprend en fait N chaînes de réception, un terminal de ce type est très encombrant, complexe à installer et à régler et grand consommateur d'énergie. Il est par conséquent coûteux à réaliser et à utiliser.

15

- Le document US 5,438,329 décrit un second type de récepteur de télérelève lequel comprend un seul récepteur présentant un seul canal de réception de largeur  $L_c$  et de fréquence centrale variable. La fréquence centrale du canal est modifiée pour balayer la bande BW afin que le récepteur puisse rechercher un message envoyé par un compteur. Un
- 20 terminal de ce type ne considère qu'un seul canal à la fois et de ce fait tout message émis dans un autre canal sera perdu. Pour limiter ce problème des pertes de messages, ce type de terminal balaye la bande de fréquence très rapidement ce qui se traduit par une faible sensibilité.

- 25 Un objet de la présente invention est de pallier ces inconvénients en proposant un récepteur et une méthode de télérelève d'un ensemble de compteurs comportant un récepteur unique multi-canaux fonctionnant de manière numérique et capable d'extraire plusieurs messages d'un signal radiofréquence reçu.

- 30 Selon l'invention, le récepteur radiofréquence pour la télérelève d'un ensemble de compteurs, est apte à recevoir un signal radiofréquence formé par au moins des messages émis par les compteurs avec une période aléatoire selon au moins un protocole de communication, dans au moins un canal de largeur en fréquence déterminé, dans une bande de fréquence déterminée comportant un nombre de canaux déterminé, ledit récepteur
- 35 comprend :

- un module de réception unique apte à recevoir le signal radiofréquence, et à le transformer en un signal numérique, ledit signal numérique comprenant au moins les messages reçus contenus dans le signal radiofréquence sur la bande de fréquence et pour tous les canaux,
- 5 - des moyens d'extraction reliés à la sortie du module de réception, lesdits moyens d'extraction étant aptes à extraire du signal numérique chacun des messages émis par chacun desdits compteurs.

Un avantage de ce type de récepteur est que seul le module radio-fréquence de réception  
10 fonctionne de manière analogique, l'ensemble du traitement du signal, de la démodulation et de l'extraction des messages est réalisé par un circuit numérique. Par conséquent, un tel récepteur est simple, peu encombrant, peu coûteux à réaliser et à utiliser et faible consommateur d'énergie.

15 Le module de réception comporte une antenne reliée à l'entrée d'un convertisseur de fréquence apte à délivrer sur la sortie un signal analogique répliquant le signal radiofréquence capté par l'antenne mais abaissé en fréquence. Le convertisseur de fréquence est relié à un convertisseur analogique/numérique apte à échantillonner et quantifier le signal analogique.

20

Les moyens d'extraction comportent une succession de différents éléments reliés en série :

- un banc de filtres numériques divisant la bande de fréquence en un nombre de canaux déterminé, chaque canal présentant une largeur en fréquence déterminée ;
- une unité de calcul déterminant une valeur et un contraste pour chaque canal ;
- 25 - une unité d'identification balayant les canaux en déterminant une note de corrélation croisée pour chaque canal et cherchant à identifier des messages reçus à partir desdites notes,
- une unité d'extraction destinée à extraire du signal numérique les messages identifiés.

30 Le banc de filtres numériques est un banc de filtres poly-phases comportant un filtre passe-bas coopérant avec une unité réalisant une transformée de Fourier rapide.

Selon un mode de réalisation particulier, le module de décodage comporte en outre une unité dite "IQ", transformant le signal numérique en un signal numérique complexe

comportant une composante en phase et une composante en quadrature. La dite unité "IQ" est connectée à l'entrée du banc de filtre.

De façon avantageuse, l'unité de calcul, l'unité d'identification et l'unité d'extraction fonctionnent en temps réel, ce qui permet notamment une lecture simultanée de l'ensemble des canaux et une réception/extraction des messages quasi-simultanée.

L'invention a également pour objet une méthode de réception d'un signal de télérelève d'un ensemble de compteurs. Ladite méthode comporte la succession d'étapes suivantes :

- 10 - recevoir un signal radiofréquence formé par au moins des messages émis par des compteurs selon au moins un protocole de communication, ledit signal étant reçu dans une bande de fréquence déterminée comportant un nombre de canaux déterminé ;
- transformer le signal radiofréquence en un signal analogique ;
- échantillonner et quantifier le signal analogique pour obtenir un signal numérique réel
- 15 comprenant au moins tous les messages reçus contenus dans le signal radiofréquence ;
- appliquer au signal numérique une transformée de Fourier rapide FFT combinée à un filtrage passe-bas pour séparer la bande de fréquence en canaux, chaque canal présentant une largeur en fréquence déterminée, et
- extraire les messages de la bande de fréquence déterminée pour chacun des canaux.

20

Selon l'invention, l'étape d'extraction consiste à :

- définir  $n$  phases temporelles d'observation possibles par bit, chaque message comprenant un nombre déterminé de bits, en translatant une fenêtre glissante de  $n$  échantillons par pas de un échantillon,  $n$  étant le nombre d'échantillons par bit ;
  - 25 - déterminer une valeur et un contraste pour chaque phase temporelle d'observation ;
  - mémoriser les valeurs et les contrastes ;
  - comparer les valeurs aux bits d'un préambule correspondant à un protocole de communication pour chaque phase temporelle d'observation ; et
  - générer une note de corrélation croisée en fonction du résultat de la comparaison et des
  - 30 contrastes ;
  - comparer la note de corrélation croisée avec un seuil de corrélation spécifique au protocole de communication pour chaque phase temporelle d'observation ;
- ladite méthode consistant en outre à :

- sélectionner, parmi toutes les notes de corrélation croisée se trouvant au dessus du seuil de corrélation, les canaux et les phases temporelle d'observation correspondantes présentant la note de corrélation croisée la plus élevée ;
- extraire les messages identifiés pour les canaux sélectionnés et pour les phases temporelle d'observation sélectionnées.

De façon avantageuse, l'énergie des échantillons est calculée avant l'étape d'extraction.

Selon une variante de réalisation, la méthode consiste après l'étape d'échantillonnage et de quantification à transformer le signal numérique réel en un signal numérique complexe, comportant une composante en phase I et une composante en quadrature Q. Dans le cadre de cette variante, l'énergie des échantillons est calculée à partir des composantes complexes I et Q.

De façon avantageuse, les différentes étapes sont réalisées en temps réel.

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention ressortiront à la lecture de la description suivante faite à titre d'exemple et en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- les figures 1.a et 1.b représentent un bit équivalent à un "1" et à un "0" logique respectivement, pour un signal en modulation du type OOK Manchester;
- la figure 2 représente schématiquement un récepteur selon l'invention avec les différentes unités fonctionnelles ;
- la figure 3 représente de façon détaillée le module de réception du récepteur de la figure 2 ;
- la figure 4 représente de façon détaillée le module de décodage du récepteur de la figure 2 ;
- la figure 5 représente un signal radiofréquence reçu, l'énergie du signal échantillonné en fonction du temps et différentes fenêtres correspondant aux différentes phases, illustrant le principe de fonctionnement de l'unité de calcul ;
- les figures 6.a et 6.b représentent les différentes étapes de la méthode de réception d'un signal de télérelève d'un ensemble de compteurs utilisant un récepteur selon l'invention pour un exemple de réalisation particulier.

Un exemple de réalisation de l'invention va être décrit en relation avec deux types différents d'émetteurs et de protocoles de communication :

- l'émetteur d'un premier type, par exemple commercialisé par la société ITRON, émet dans une bande de fréquence d'environ 10 MHz centrée sur 915 MHz et utilise un codage du type Manchester,

- l'émetteur d'un second type, par exemple commercialisé par la société Schlumberger sous la désignation SURF, émet dans une bande de fréquence d'environ 8 MHz centrée sur 915 MHz et utilise en partie un codage du type Manchester et également un autre codage spécifique.

Le codage de type Manchester consiste à coder chaque bit de donnée sur deux demi-bits ("chips" en terminologie anglo-saxonne), chaque demi-bit ayant une durée moitié par rapport à un bit. La modulation employée est du type OOK (On/Off Keying en terminologie anglo-saxonne) ce qui signifie que l'émetteur émet la porteuse pour un "1" logique et un silence pour un "0" logique. La figure 1.a représente un bit équivalent à un "1" logique, le premier demi-bit "1" correspondant à l'émission du signal de la porteuse et le second demi-bit "0" correspondant à l'émission d'aucun signal. De même, la figure 1.b représente un bit équivalent à un "0" logique, le premier demi-bit "0" correspondant à l'émission d'aucun signal et le second demi-bit "1" correspondant à l'émission du signal de la porteuse.

La structure d'un message selon le premier protocole comprend par exemple 192 demi-bits, soit 42 demi-bits pour le préambule, 118 demi-bits pour les données et 32 demi-bits pour l'algorithme de détection d'erreur.

La structure d'un message selon le second protocole comprend par exemple 232 demi-bits, soit 16 demi-bits pour le pré-préambule, 48 demi-bits pour le préambule, 128 demi-bits pour les données et 40 demi-bits pour l'algorithme de détection et correction d'erreur de type Reed Solomon.

Le récepteur selon l'invention permet de lire simultanément les messages émis selon le protocole de premier et de second type. D'autres types de protocoles différents de ceux décrits sont envisageables.

30

Le récepteur radiofréquence 1, représenté sur la figure 2, comprend un module de réception 2 apte à capter un signal radiofréquence RF correspondant aux messages émis par un ensemble de compteurs (non représentés).

Le module de réception 2 délivre sur une sortie un signal numérique représentatif du signal radiofréquence RF. La sortie dudit module est reliée à un module de décodage 3. Le

35



module de décodage permettant d'extraire du signal numérique les messages émis par chacun desdits compteurs.

Une mémoire de stockage 4, par exemple de type RAM est reliée à la sortie du module de décodage 3 pour stocker les données. Une unité de traitement 5, par exemple un microcontrôleur relié à la mémoire 4 exploite les données stockées.

Le module de réception 2, représenté plus en détail sur la figure 3, comporte une antenne 6 et un convertisseur de fréquence 7. Le signal radiofréquence RF est capté par l'antenne 6. L'antenne est reliée à l'entrée du convertisseur de fréquence qui délivre sur sa sortie un signal analogique répliquant le signal radiofréquence RF mais abaissé en fréquence. Un filtre (non représenté) peut éventuellement être relié à la sortie ou à l'entrée du convertisseur de fréquence. A titre d'exemple, le signal radiofréquence émis dans une bande de fréquence d'environ 10 MHz de large et centré sur une fréquence d'environ 915 MHz est modifié de telle sorte que la largeur de bande et la largeur des canaux restent inchangées alors que la fréquence centrale est translatée à 41 MHz environ.

Le fait d'abaisser le signal en fréquence permet de l'échantillonner avec les convertisseurs analogique-numérique actuellement disponibles de façon courante.

Un convertisseur analogique/numérique 8 dont l'entrée est reliée au convertisseur de fréquence 7 convertit le signal analogique en signal numérique, à savoir quantifié (en amplitude) et échantillonné (en temps).

Selon un premier mode de réalisation, il est possible d'utiliser un convertisseur analogique/numérique quantifiant le signal analogique sur 8 bits ou moins. Dans ce cas, il est avantageux de relier la sortie du convertisseur analogique/numérique 8 à un contrôleur automatique de gain.

Selon un second mode de réalisation, le convertisseur analogique/numérique échantillonne à une fréquence d'environ 33,5 MHz sur 12 bits, pouvant être étendus à 14 bits ou plus. Dans ce cas, la dynamique utilisée pour quantifier et traiter le signal permet de se dispenser d'utiliser un contrôleur automatique de gain et de travailler en pleine échelle et de réduire l'effet perturbateur des signaux brouilleurs. Le taux de transfert de l'émetteur pouvant être fixé à 16384 bits/s, ceci signifie que chaque bit représente 2048 échantillons.

Le module de décodage 3, représenté plus en détail sur la figure 4, comporte une succession d'éléments spécifiques qui sont connectés en série :

- un banc de filtres numérique 10, 11 ;
- une unité de calcul 12 ;

- une unité d'identification 13 ; et
- une unité d'extraction 14.

Selon un premier mode de réalisation particulièrement avantageux, le module de décodage  
5 comporte en outre une unité dite "IQ" 9, connecté entre le module de réception 2 et le banc de filtre 10.

Selon un second mode de réalisation, un sous-échantillonneur est connecté entre le module de réception 2 et le module de décodage 3. Ce mode de réalisation trouve une application  
10 particulière lorsque le convertisseur analogique/numérique est plus performant que le module de décodage auquel il est relié. Le facteur de sous-échantillonnage doit être déterminé en fonction des performances respectives des deux modules.

Le rôle de ces différentes unités dans le module de décodage va être expliqué plus en détail  
15 par la suite.

L'unité dite "IQ" est reliée à la sortie du convertisseur analogique/numérique 8. Cette unité transforme le signal numérique réel en sortie du convertisseur en un signal numérique complexe, c'est à dire une composante en phase I et une composante en quadrature Q.  
20 Ainsi, les traitements et calculs ultérieurs pourront être effectués en utilisant des méthodes mathématiques applicables aux nombres complexes. En pratique, l'unité IQ a également pour fonction de ramener le signal en bande de base et de le filtrer.

En sortie de l'unité IQ, avec l'exemple numérique précédent, chaque bit représente 1024 échantillons. Il est à noter qu'en sortie du convertisseur analogique/numérique chaque bit  
25 représentait 2048 échantillons, et par conséquent que l'unité IQ sous-échantillonne systématiquement d'un facteur deux.

Le banc de filtre 10, 11 permet de séparer le message codé et modulé du bruit blanc, des perturbations et/ou d'autres messages modulés. Le banc de filtre est un filtre poly-phases  
30 qui agit comme une série de filtres passe-bande qui divise la bande de fréquence en des canaux de manière à isoler le signal utile des interférences tout en réduisant le niveau de bruit blanc. Le filtre poly-phases est réalisé en combinant un filtre prototype passe-bas 10 et un module réalisant une transformée de Fourier rapide 11. La transformée de Fourier rapide réalise une séparation des canaux. Néanmoins, il existe un fort recouvrement entre  
35 les canaux de sorte que la discrimination en fréquence n'est pas très précise. De ce fait, le

filtre passe-bas a pour fonction d'affiner la forme de chaque canal individuel pour les rendre plus "rectangulaire".

Dans l'exemple de réalisation de l'invention, le banc de filtre sépare la largeur de bande utile en 128 canaux de largeur 131 kHz couvrant une bande d'environ 17 MHz centrée sur 915 MHz. De ce fait, les échantillons sont répartis sur les 128 canaux et chaque bit ne représente plus que 8 échantillons. Tout le traitement du signal s'effectue sur la largeur de bande de 17 MHz mais la démodulation des messages est restreinte aux 77 canaux couvrant une bande d'environ 10 MHz centrée sur 915 MHz.

10

A la sortie de chaque canal du banc de filtre, le signal qui correspond à un flot de bits reçu doit être démodulé. L'unité de calcul 12 permet de démoduler le signal en calculant l'énergie et en essayant de reconnaître des trames de demi-bits pour obtenir des bits. Cette démodulation est effectuée d'une manière non cohérente dans le sens où l'unité de calcul ne connaît pas a priori la phase temporelle d'observation et la fréquence de la porteuse modulée.

15

Si une unité IQ 9 est utilisée, l'énergie E de chaque échantillon est calculée à partir des composantes complexes I et Q, soit  $E = \sqrt{I^2 + Q^2}$ .

20

Comme nous l'avons vu dans l'exemple numérique précédent, pour chaque bit transmis par l'émetteur, le banc de filtre fournit en sortie 8 échantillons complexes par canal, lesdits échantillons étant mémorisés. Pour chaque canal et pour chaque bit, l'unité de calcul détermine une valeur V et un contraste C à partir des 8 échantillons, chaque valeur V et contraste C étant mémorisé dans une mémoire de l'unité de calcul.

25

Le principe du calcul de la valeur V est de reconnaître la trame typique de chaque valeur de bit possible. A titre d'exemple, si le bit transmis est "1", ceci correspond à un premier demi-bit "1" et un second demi-bit "0" (voir fig. 1.a). Le banc de filtre génère en sortie une série de 4 échantillons avec une énergie importante correspondant au demi-bit "1" et une série de 4 échantillons avec une énergie faible correspondant au demi-bit "0". L'unité de calcul 12 reconnaît alors la forme caractéristique d'un bit de valeur  $V = 1$ .

30

Le contraste C est un estimateur de la qualité du bit reçu : le contraste C vaut "1" pour un bit bien contrasté et "0" pour un bit faiblement contrasté. Le contraste C est déterminé en comparant la valeur absolue de la différence d'énergie entre le premier demi-bit  $E_0$  et le

second demi-bit  $E_1$  normalisée par leur somme  $\frac{|E_0 - E_1|}{E_0 + E_1}$  avec un seuil de contraste CT

déterminé.

L'unité de calcul reçoit en entrée un flot de bits formé d'une succession demi-bits sans indication concernant le commencement du premier bit. Comme il y a 8 échantillons par bit, il y a 8 possibilités de point de commencement, communément dénommée phase

temporelle d'observation. L'unité de calcul translate une fenêtre de 8 échantillons sur le flot de bits et calcule une valeur et un contraste pour chaque phase.

La figure 5 illustre par un exemple les valeurs V et contrastes C obtenus pour un premier demi-bit et un second demi-bit : le signal reçu sous la forme d'un flot de bits en fonction du temps est représenté en haut, au milieu l'énergie E de chaque échantillon en fonction du temps t, et en bas les différentes fenêtres translatées correspondant aux différentes phases temporelle d'observation.

Dans cet exemple, les premier et second demi-bits, valeurs V et contrastes C obtenus pour les différentes phases sont :

| Phase temporelle d'observation | 4 échantillons du premier demi-bit | 4 échantillons du second demi-bit | valeur V | contraste C |
|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|----------|-------------|
| 1                              | E,E,E,E                            | 0,0,0,0                           | 1        | 1 = bon     |
| 2                              | E,E,E,0                            | 0,0,0,E                           | 1        | 0 = faible  |
| 3                              | E,E,0,0                            | 0,0,E,E                           | 1 ou 0   | 0 = faible  |
| 4                              | E,0,0,0                            | 0,E,E,E                           | 0        | 0 = faible  |
| 5                              | 0,0,0,0                            | E,E,E,E                           | 0        | 1 = bon     |
| 6                              | 0,0,0,E                            | E,E,E,0                           | 0        | 0 = faible  |
| 7                              | 0,0,E,E                            | E,E,0,0                           | 0 ou 1   | 0 = faible  |
| 8                              | 0,E,E,E                            | E,0,0,0                           | 1        | 0 = faible  |
| 1                              | E,E,E,E                            | 0,0,0,0                           | 1        | 1 = bon     |

Dans l'exemple de réalisation selon l'invention, pour chaque nouvelle phase, l'unité de calcul fournit en sortie une valeur V et un contraste C pour chacun des 128 canaux.

L'unité d'identification 13 balaye les différents canaux en temps réel et cherche à identifier des trames de bits correspondant à un préambule de message, ledit message étant émis selon le protocole du premier ou du second type.

L'étape d'identification s'effectue en deux temps, tout d'abord par une étape de corrélation croisée puis par une étape de décision de synchronisation.

L'étape de corrélation croisée s'effectue en comparant les valeurs  $V$  déterminées aux bits de préambules connus afin de reconnaître un début de trame dans le flot de bits reçu. Cette  
 5 étape génère également une note de corrélation croisée  $CC$  pour sélectionner les meilleures trames. La corrélation croisée est pondérée par les contrastes  $C$  (plus le contraste  $C$  est bon, plus la corrélation croisée est bonne).

L'unité d'identification compare chaque bit de la séquence (une séquence étant une succession de bits sélectionnée parmi le flot de bits reçus) avec le bit correspondant du  
 10 préambule en tenant compte du contraste  $C$  déterminé précédemment et génère une note de corrélation croisée  $CC$ .

Cette note est la somme d'incrémentations qui sont fonction de la comparaison et du contraste, par exemple :

- 15 - l'incrément vaut 3 si la valeur  $V$  et le bit du préambule sont identiques et le contraste  $C$  est fort,  
 - l'incrément vaut 2 si la valeur  $V$  et le bit du préambule sont identiques et le contraste  $C$  est faible,  
 - l'incrément vaut 1 si la valeur  $V$  et le bit du préambule sont différents et le contraste  $C$  est  
 20 faible,  
 - l'incrément vaut 0 si la valeur  $V$  et le bit du préambule sont différents et le contraste  $C$  est fort.

L'exemple suivant montre le calcul de la note de corrélation croisée  $CC$  pour le protocole  
 25 du premier type.

Les deux premières lignes indiquent :

- la séquence de bits reçue,
- les contrastes associés,

La comparaison de la séquence de bits reçue avec le préambule du premier type (troisième  
 30 ligne) fait apparaître des différences (différences entre crochet).

L'utilisation de la valeur et du contraste permet de déterminer un incrément pour la détermination de la note de corrélation croisée :

|                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Séquence de bits | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Contraste C      | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |   |

|                    |   |   |     |   |   |   |   |   |     |   |   |   |   |     |   |   |   |   |   |     |   |   |   |   |
|--------------------|---|---|-----|---|---|---|---|---|-----|---|---|---|---|-----|---|---|---|---|---|-----|---|---|---|---|
| Préambule 1er type | 0 | 0 | [0] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | [1] | 1 | 1 | 0 | 0 | [1] | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | [0] | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Valeur V           | 0 | 0 | [1] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | [0] | 1 | 1 | 0 | 0 | [0] | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | [1] | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Contraste C        | 1 | 1 | [1] | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | [0] | 1 | 0 | 0 | 1 | [1] | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | [0] | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Incrément          | 3 | 3 | 0   | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1   | 3 | 2 | 2 | 3 | 0   | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1   | 3 | 3 | 3 | 3 |

Les incréments sont finalement sommés pour le calcul de la note de corrélation croisée soit 58 dans l'exemple numérique du tableau précédent.

L'étape de décision de synchronisation mise en œuvre par l'unité d'identification 13 consiste à comparer la note de corrélation croisée avec un seuil de corrélation  $D_1$  ou  $D_2$  spécifique au protocole de communication du premier et second type respectivement. Par exemple, le seuil de corrélation  $D_1$  vaut 69 et  $D_2$  vaut 58. Les deux seuils de corrélation peuvent être paramétrés par l'utilisateur.

Pour chaque phase temporelle d'observation, la note de corrélation croisée est calculée pour chacun des 77 canaux du banc de filtres. L'unité de synchronisation détermine toutes les notes de corrélation croisée se trouvant au dessus du seuil de corrélation, sélectionne la plus élevée et élimine l'ensemble des autres. Si plusieurs canaux présentent des notes de corrélation croisée identiques, le premier canal dans l'ordre des fréquences croissantes est sélectionné.

Si dans la phase temporelle d'observation suivante, le même canal est sélectionné à nouveau, l'unité de synchronisation compare sa nouvelle note de corrélation croisée avec la précédente.

Pour un même canal, les notes de corrélation croisée CC sont comparées entre phases successives de telle sorte que seule la phase temporelle d'observation présentant la note de corrélation croisée la plus élevée soit sélectionnée.

L'optimisation de la synchronisation se fait donc suivant deux dimensions : la dimension fréquentielle puisque l'unité de synchronisation sélectionne le canal présentant la meilleure note de corrélation croisée, ainsi que la dimension temporelle puisque l'unité de synchronisation sélectionne la phase temporelle d'observation permettant décoder le message dans les meilleures conditions.

Dès qu'un préambule a été identifié, le canal et les paramètres de phase temporelle d'observation de la trame sont mémorisés. L'unité d'extraction 14 commence à rétablir systématiquement les bits du message identifié par l'unité d'identification pour le canal sélectionné et pour la phase temporelle d'observation sélectionnée. L'unité arrête l'extraction dès que la fin du message est détectée.

Avec les exemples numériques précédents, la capacité d'extraction est de huit messages pour chaque protocole de manière simultanée.

Lorsque des messages ont été extraits complètement, les données correspondantes sont  
5 stockées dans une mémoire 4. Les données sont ensuite exploitées par une unité de traitement 5, par exemple un microprocesseur.

L'ensemble du dispositif décrit, en particulier le module d'extraction 3 avec le convertisseur analogique numérique 8, la mémoire 4 et le microprocesseur 5, peut être  
10 réalisé sous la forme de composants électroniques discrets ou sous la forme d'un composant spécifique tel qu'un ASIC.

Les différentes étapes de la méthode de réception d'un signal de télérelève d'un ensemble de compteurs utilisant un récepteur selon l'invention, pour un exemple de réalisation  
15 particulier, sont représentées sur les figures 6.a et 6.b.

Lors de la télérelève d'un ensemble de compteurs, chaque compteur émet des données sous la forme d'un message de  $N_B$  bits selon un protocole de communication spécifique dans un canal déterminé de largeur en fréquence déterminée  $L$ , dans une bande de fréquence  
20 déterminée  $BW$  comportant un nombre de canaux déterminé  $N$ . Dans l'exemple de réalisation présenté, les trois compteurs CPT1, CPT2 et CPT3 émettent respectivement un message MESS1 de 96 bits selon le premier protocole dans le canal 5, un message MESS2 de 96 bits selon le premier protocole dans le canal 7 et un message MESS3 de 116 bits selon le second protocole dans le canal 65. A titre d'exemple, le premier protocole  
25 correspond à l'émetteur du premier type et le second protocole à l'émetteur du second type. Il résulte de ces émissions un signal radiofréquence RF correspondant à la superposition de ces différents messages et de signaux parasites PAR (bruit blanc et perturbations). Ce signal est successivement capté lors d'une étape a, transformé en un signal analogique abaissé en fréquence lors d'une étape b, puis numérisé (échantillonné et quantifié) lors  
30 d'une étape c. A titre d'exemple, le signal est échantillonné de telle sorte que chaque bit d'un message correspond à 8 échantillons.

Selon une variante non représentée sur les figures 6, le signal numérique réel résultant de l'étape c est transformé en un signal numérique complexe, comportant une composante en phase et une composante en quadrature.

Une transformée de Fourier rapide FFT combiné à un filtrage passe-bas PPN est appliqué au signal numérique pour séparer la bande de fréquence BW en canaux, chaque canal présentant une largeur en fréquence déterminé L. Par simplification, seuls les canaux 1, 5, 7, 65 et 77 sont représentés sur les figures 6.

5

Pour chaque canal, une note de corrélation croisée CC est déterminée. Les étapes correspondantes sont représentées plus en détail sur la figure 6.b.

Pour chaque canal, l'énergie des échantillons pour chaque bit du message est calculée, lors d'une étape d.

- 10 Pour chaque canal, on considère une fenêtre dite "glissante" de n échantillons correspondant à la durée d'un bit. Pour chaque bit, on calcule lors d'une étape f une valeur V et un contraste C par fenêtre d'observation de n échantillons. La fenêtre est glissante car elle est translaté lors d'une étape g sur le signal par pas d'un échantillon, ce qui définit pour chaque bit n positions possibles, appelées phase temporelle d'observation. La valeur V et le
- 15 contraste C du bit sont ainsi calculés pour chaque canal et pour chaque phase temporelle d'observation.

- Dans l'exemple de réalisation, il y a 8 échantillons par bit et il en résulte 8 phases temporelle d'observation  $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_8$  correspondant à 8 fenêtres différentes. Les énergies
- 20 des 8 échantillons ainsi que les valeurs  $V_1, V_2, \dots, V_8$  et contrastes  $C_1, C_2, \dots, C_8$  sont calculés pour tous les canaux.

- Pour chaque canal et pour chaque phase, on mémorise l'ensemble des valeurs et des contrastes, lors de l'étape MEM. On compare les valeurs aux  $N_p$  bits de préambule
- 25 correspondant à un protocole de communication spécifique, lors de l'étape COMP. Une note de corrélation croisée CC en fonction du résultat de la comparaison et du contraste C calculé précédemment est générée pour chaque canal et pour chaque phase temporelle d'observation (le calcul de la note de corrélation croisée est identique à celui expliqué en relation avec la description du récepteur).

- 30 Il est également possible à partir de cette comparaison de déterminer le protocole de communication employé, car les valeurs correspondent à un préambule spécifique au protocole de communication employé.

- L'ensemble des étapes précédentes sont répétées pour l'ensemble des canaux, de telle sorte
- 35 qu'une note est attribuée à chaque canal et pour chaque phase temporelle d'observation.



La note de corrélation croisée CC est comparée à un seuil de corrélation spécifique au protocole de communication pour chacun des canaux du banc de filtre.

Toutes les notes de corrélation croisée se trouvant au dessus du seuil de corrélation sont déterminées et seul les canaux présentant la note la plus élevée sont sélectionnés (étape h).

- 5 Les autres canaux ne présentant pas des notes de corrélation croisée se trouvant au dessus du seuil de corrélation ne sont pas sélectionnés (étape i). Au sein d'un même canal, les notes de corrélation croisées sont également comparées entre phases successives de manière à sélectionner la meilleure phase temporelle d'observation.

- 10 Pour chaque canal sélectionné avec la phase temporelle d'observation correspondante, les  $N_B$  bits du message identifié sont extraits, lors de l'étape EXT, jusqu'à la détection de la fin du message.

- Dans l'exemple de réalisation, le canal 5 présentant une phase temporelle d'observation  $\varphi_3$  est sélectionné et les 96 bits du message MESS1 transmis selon le premier protocole par le compteur CPT1 sont récupérés. De même, le canal 7 présentant une phase temporelle  
15 d'observation  $\varphi_5$  est sélectionné et les 96 bits du message MESS2 transmis selon le premier protocole par le compteur CPT2 sont récupérés. Enfin, le canal 65 présentant une phase temporelle d'observation  $\varphi_1$  est sélectionné et les 116 bits du message MESS3 transmis selon le second protocole par le compteur CPT3 sont récupérés.

- 20 L'algorithme correspondant à la méthode peut être programmé dans un langage du type VHDL et chargé dans un circuit numérique programmable. Un tel circuit est par exemple commercialisé par la société ALTERA sous la désignation Apex600.

## REVENDICATIONS

1. Récepteur radiofréquence pour la télérelève d'un ensemble de compteurs, ledit récepteur étant apte à recevoir un signal radiofréquence (RF) formé par au moins des messages émis  
5 par les compteurs avec une période aléatoire selon au moins un protocole de communication, dans au moins un canal de largeur en fréquence déterminé (L), dans une bande de fréquence déterminée (BW) comportant un nombre de canaux déterminé (N), ledit récepteur comportant un module de réception (2) unique apte à recevoir le signal radiofréquence (RF), et à le transformer en un signal numérique, ledit signal numérique  
10 comprenant au moins les messages reçus contenus dans le signal radiofréquence sur la bande de fréquence (BW) et pour tous les canaux (N), et est caractérisé en ce qu'il comporte en outre des moyens d'extraction (3) reliés à la sortie du module de réception, lesdits moyens d'extraction étant aptes à extraire du signal numérique chacun des messages émis par chacun desdits compteurs, lesdits moyens d'extraction comportant une succession  
15 de différents éléments reliés en série :
- un banc de filtres numériques (10, 11) divisant la bande de fréquence (BW) en un nombre de canaux déterminé (N), chaque canal présentant une largeur en fréquence déterminée (L) ;
  - une unité de calcul (12) déterminant une valeur (V) et un contraste (C) pour chaque  
20 canal ;
  - une unité d'identification (13) balayant les canaux en déterminant une note de corrélation croisée (CC) pour chaque canal et cherchant à identifier des messages reçus à partir desdites notes ;
  - une unité d'extraction (14) destinée à extraire du signal numérique les messages  
25 identifiés.

2. Récepteur radiofréquence selon la revendication précédente, dans lequel le module de réception (2) comprend une antenne (6) reliée à l'entrée d'un convertisseur de fréquence (7) apte à délivrer sur la sortie un signal analogique répliquant le signal radiofréquence (RF)  
30 capté par l'antenne mais abaissé en fréquence, ledit convertisseur de fréquence (7) étant relié à un convertisseur analogique/numérique (8) apte à échantillonner et quantifier le signal analogique.

3. Récepteur radiofréquence selon la revendication 1 ou 2, dans lequel un contrôleur automatique de gain est relié entre la sortie du convertisseur analogique/numérique (8) et une entrée des moyens d'extraction (3).

5 4. Récepteur radiofréquence selon la revendication précédente, dans lequel le banc de filtres numériques (10, 11) est un banc de filtres poly-phases comportant un filtre passe-bas (10) coopérant avec une unité réalisant une transformée de Fourier rapide (11).

10 5. Récepteur radiofréquence selon la revendication 3 ou 4, dans lequel les moyens d'extraction (3) comportent en outre une unité dite "IQ" (9), transformant le signal numérique réel en un signal numérique complexe comportant une composante en phase et une composante en quadrature, ladite unité IQ connectée à l'entrée du banc de filtre.

15 6. Récepteur radiofréquence selon la revendication 3, dans lequel l'unité de calcul, l'unité d'identification et l'unité d'extraction fonctionnent en temps réel.

7. Récepteur radiofréquence selon l'une des revendications précédentes, dans lequel une mémoire de stockage (4) est reliée à la sortie des moyens d'extraction (3) pour stocker les données avant exploitation par une unité de traitement (5).

20

8. Méthode de réception d'un signal de télérelève d'un ensemble de compteurs caractérisée en ce qu'elle comprend les étapes suivantes :

- recevoir un signal radiofréquence (RF) formé par au moins des messages émis par des compteurs selon au moins un protocole de communication, ledit signal étant reçu dans une
- 25 bande de fréquence déterminée (BW) comportant un nombre de canaux déterminé (N) ;
- transformer le signal radiofréquence (RF) en un signal analogique ;
- échantillonner et quantifier le signal analogique pour obtenir un signal numérique réel comprenant au moins tous les messages reçus contenus dans le signal radiofréquence ;
- appliquer au signal numérique une transformée de Fourier rapide FFT combinée à un
- 30 filtrage passe-bas pour séparer la bande de fréquence (BW) en canaux, chaque canal présentant une largeur en fréquence déterminée (L), et
- extraire les messages de la bande de fréquence déterminée (BW) pour chacun des canaux.

9. Méthode de réception selon la revendication précédente, dans laquelle l'étape d'extraction consiste, pour chaque canal, à :
- définir  $n$  phases temporelles d'observation possibles par bit, chaque message comprenant un nombre déterminé de bits, en translatant une fenêtre glissante de  $n$  échantillons par pas
  - 5 de un échantillon,  $n$  étant le nombre d'échantillons par bit ;
  - déterminer une valeur ( $V$ ) et un contraste ( $C$ ) pour chaque phase temporelle d'observation ;
  - mémoriser les valeurs ( $V$ ) et les contrastes ( $C$ ) ;
  - comparer les valeurs ( $V$ ) aux bits d'un préambule correspondant à un protocole de
  - 10 communication pour chaque phase temporelle d'observation ; et
  - générer une note de corrélation croisée ( $CC$ ) en fonction du résultat de la comparaison et des contrastes ( $C$ ) ;
  - comparer la note de corrélation croisée ( $CC$ ) avec un seuil de corrélation spécifique au protocole de communication pour chaque phase temporelle d'observation ;
  - 15 ladite méthode consistant en outre à :
  - sélectionner, parmi toutes les notes de corrélation croisée se trouvant au dessus du seuil de corrélation, les canaux et les phases temporelle d'observation correspondantes présentant la note de corrélation croisée ( $CC$ ) la plus élevée ;
  - extraire les messages identifiés pour les canaux sélectionnés et pour les phases temporelle
  - 20 d'observation sélectionnées.

10. Méthode de réception selon la revendication précédente, dans laquelle la méthode consiste en outre, après l'étape d'échantillonnage et de quantification, à transformer le signal numérique réel en un signal numérique complexe, comportant une composante en
- 25 phase ( $I$ ) et une composante en quadrature ( $Q$ ).

11. Méthode de réception selon la revendication 9, dans laquelle la méthode consiste en outre, avant l'étape d'extraction à calculer l'énergie des échantillons.
- 30 12. Méthode de réception selon la revendication 10 et 11, dans laquelle l'énergie des échantillons est calculée à partir des composantes complexes  $I$  et  $Q$ .

13. Méthode de réception selon l'une des revendications 8 à 12, dans laquelle les étapes sont réalisées en temps réel.

14. Méthode de réception selon la revendication 9, dans laquelle chaque bit est codé sur deux demi-bits, un premier demi-bit et un second demi-bit, et échantillonné sur  $N_e$  échantillons.

15. Méthode de réception selon la revendication 9 et 14, dans laquelle la valeur (V) est déterminée en comparant l'énergie du premier demi-bit ( $E_0$ ) à l'énergie du second demi-bit ( $E_1$ ), la valeur (V) valant "1" lorsque l'énergie du premier demi-bit ( $E_0$ ) est supérieure à l'énergie du second demi-bit ( $E_1$ ) et "0" dans le cas contraire.

16. Méthode de réception selon la revendication 9 et 14, dans laquelle le contraste (C) est déterminé en comparant la valeur absolue des différences d'énergie du premier demi-bit ( $E_0$ ) et du second demi-bit ( $E_1$ ) divisée par leur somme avec un seuil de contraste CT déterminé, le contraste (C) valant "1" lorsque ledit quotient est supérieur au seuil de contraste CT et "0" dans le cas contraire.

17. Méthode de réception selon l'une des revendications 9 à 16, dans laquelle la comparaison d'une séquence d'une partie  $N_p$  des bits du message à un préambule consiste à comparer bit par bit la séquence aux bits du préambule et pour chaque bit à déterminer un incrément, chacun des incréments étant sommé pour obtenir une note de corrélation croisée (CC).

18. Méthode de réception selon la revendication précédente, dans laquelle l'incrément est égal à :

- 3 si la valeur (V) et le bit du préambule sont identiques et le contraste est fort;
- 2 si la valeur (V) et le bit du préambule sont identiques et le contraste est faible ;
- 1 si la valeur (V) et le bit du préambule sont différents et le contraste est faible ;
- 0 si la valeur (V) et le bit du préambule sont différents et le contraste est fort.

19. Méthode de réception selon l'une des revendications 9 à 18, dans laquelle le premier canal dans l'ordre des fréquences croissantes est sélectionné si plusieurs canaux présentent des notes de corrélation croisée (CC) identiques.

20. Méthode de réception selon l'une des revendications 9 à 19, dans laquelle pour un même canal, les notes de corrélation croisée (CC) sont comparées entre phases successives de telle sorte que seule la phase temporelle d'observation présentant la note de corrélation croisée (CC) la plus élevée soit sélectionnée.

21. Méthode de réception selon l'une des revendications 9 à 20, dans laquelle les messages extraits sont stockées dans une unité de stockage (4) puis exploitées par une unité de traitement (5).

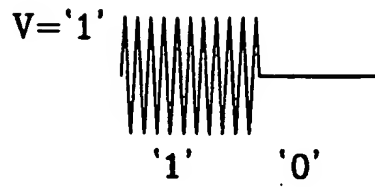
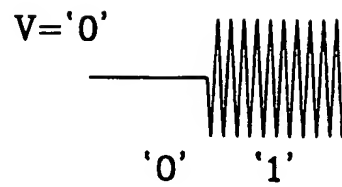
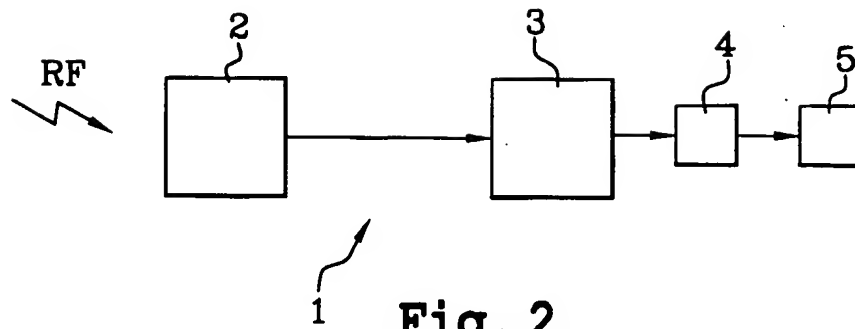
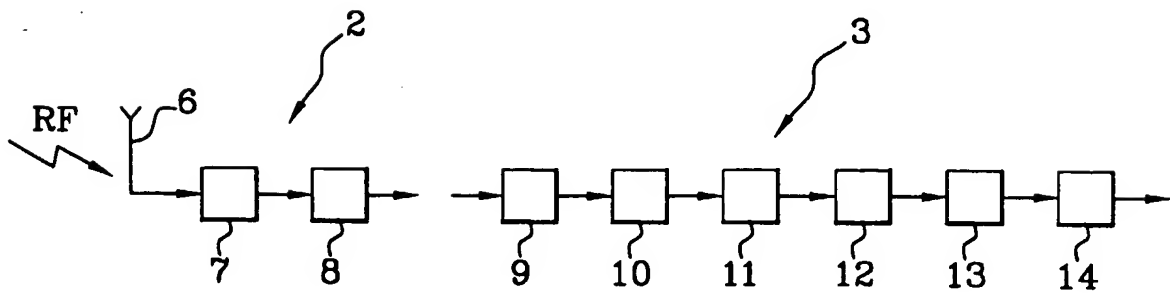
5

22. Méthode de réception selon l'une des revendications 9 à 21, dans laquelle chaque message est constitué par un préambule codé sur 42 demi-bits, des données codées sur 118 demi-bits, et un code de correction d'erreur sur 32 demi-bits.

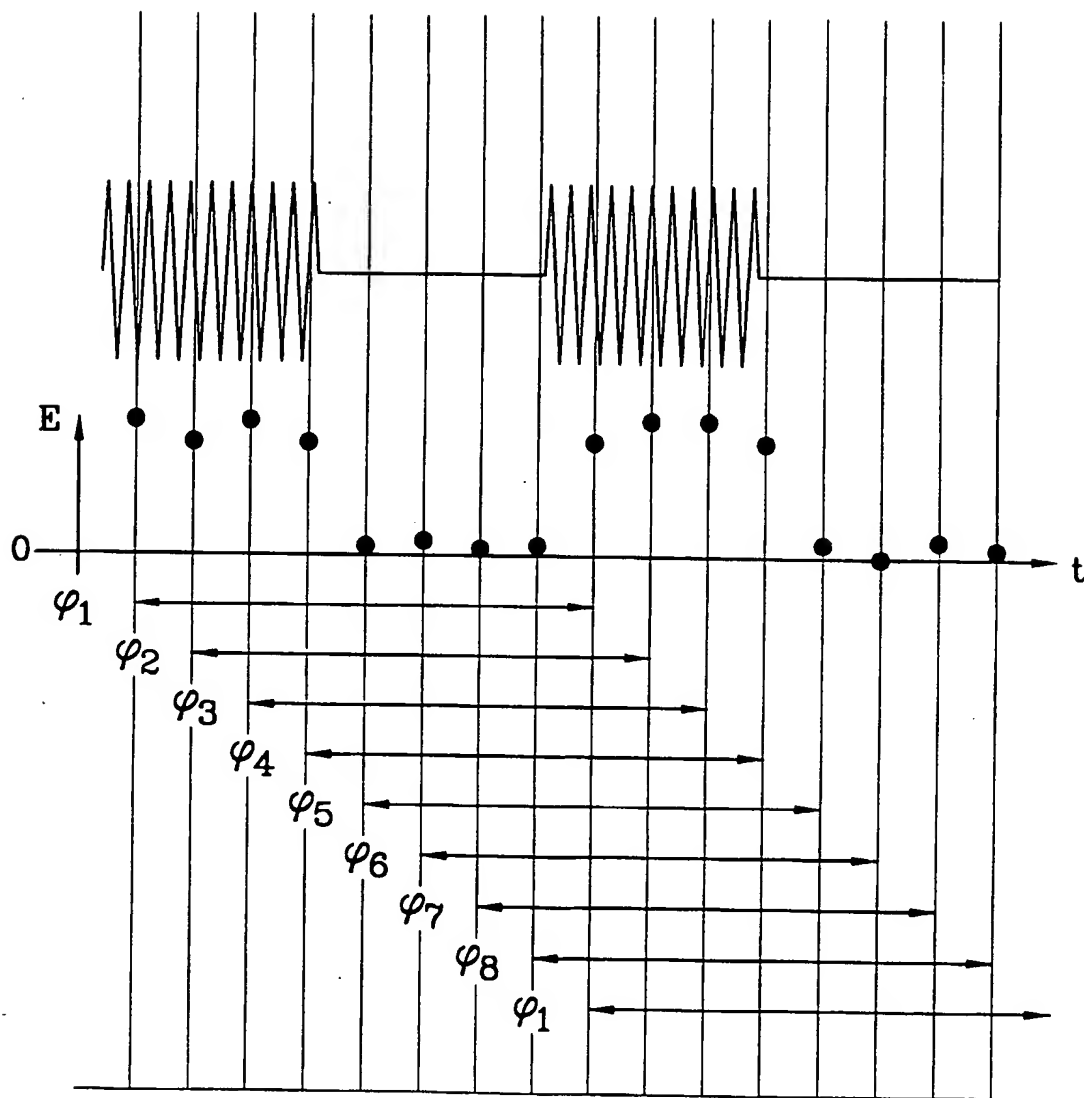
10 23. Méthode de réception selon l'une des revendications 9 à 21, dans laquelle chaque message est constitué par un pré-préambule codé sur 16 demi-bits, un préambule codé sur 48 demi-bits, des données codées sur 128 demi-bits, et un code de correction d'erreur sur 40 demi-bits.

15

1/4

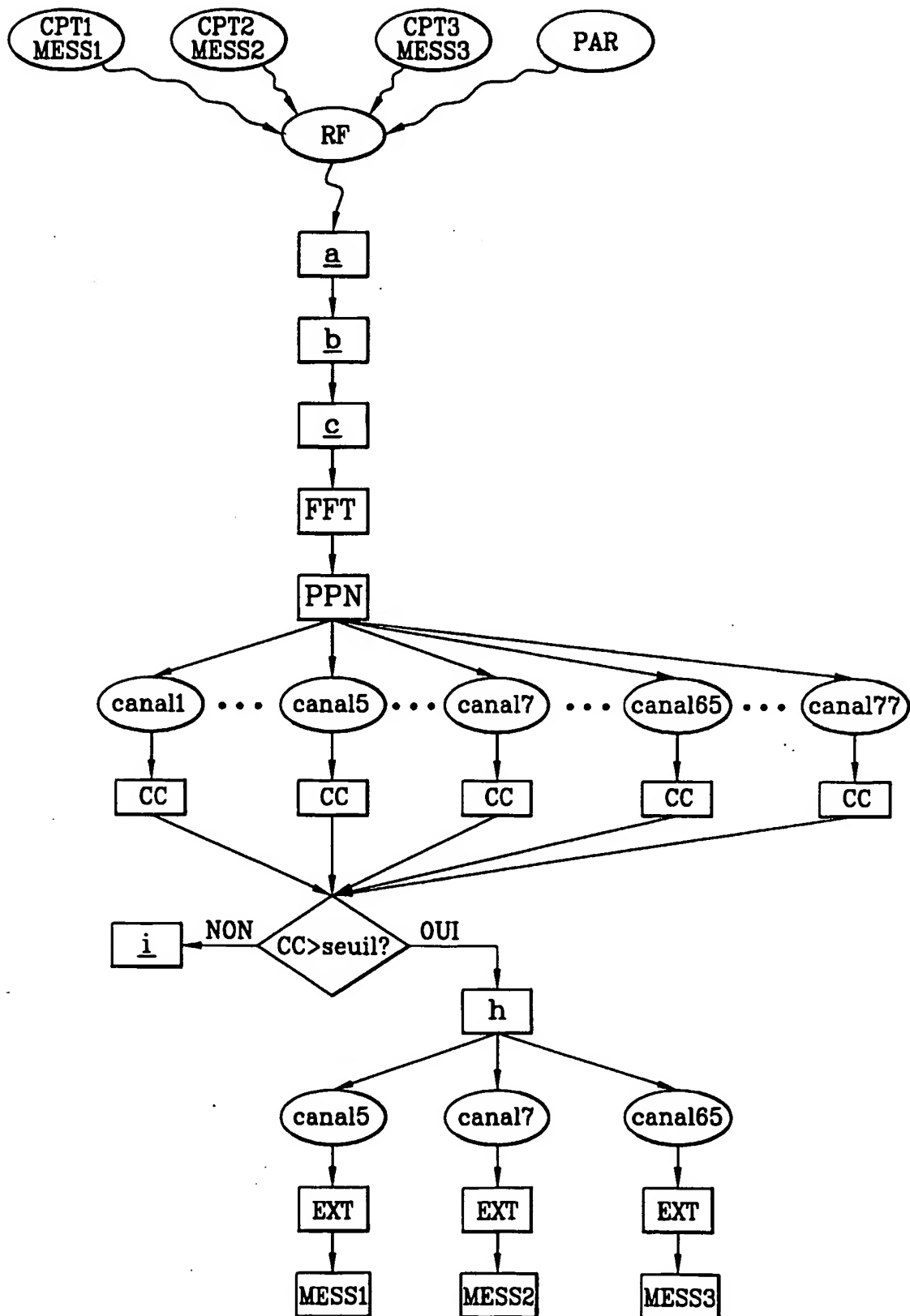
Fig. 1aFig. 1bFig. 2Fig. 3Fig. 4

2/4

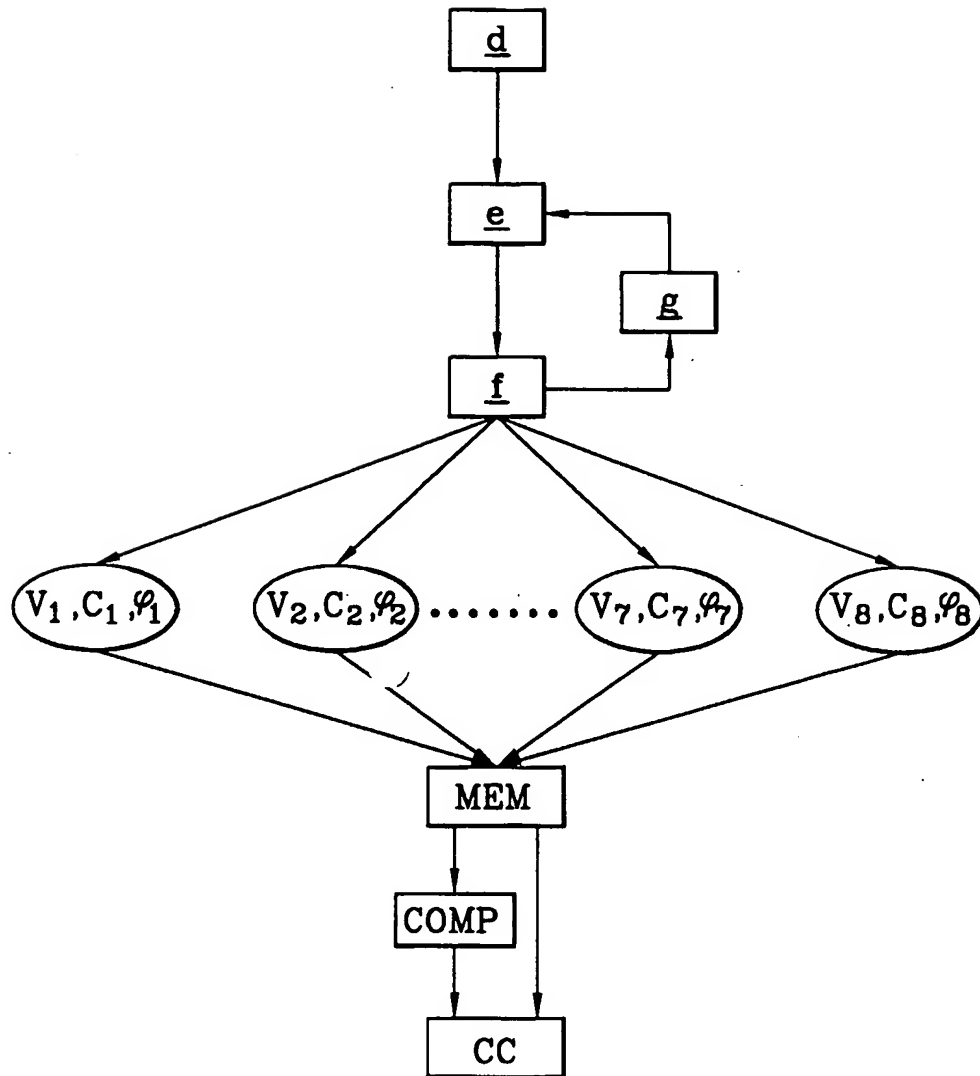
Fig. 5



3/4

**Fig. 6a**

4 / 4

**Fig. 6b**